プロトタイプ
遠赤ヒーター温度コントローラー
取扱説明書

［1］装置の概要 ---------- 2
［2］通常運転の操作 ---------- 3
［3］初期設定の操作 ---------- 4
［4］安全対策 ---------- 5
［5］温度モニターについて ---------- 5
［6］運転状況データ ---------- 6
［7］ハードウエアについて ---------- 8
［8］今後の対応のための考察 ---------- 10
［9］制御の高度化への準備状況 ---------- 12

Akatsuki Electric Work & Study Corporation

25 June 2009

［1］装置の概要

ある装置の温度を設定した温度に保つようにするものとして身近にあるものは電気コタツなどがあります。その制御の方式として色々あると思いますが、単純なものは、ある温度に達したらヒーターの電源を切り、ある温度より下がったら、電源を入れるという動作をするものです。この電源のON/OFFには一般的にはリレーが使われています。
この方式はシンプルであり、有用なのですが、以下の問題があります。

① リレーの寿命、特にパワーリレーは他の電子部品に比較して寿命が短く、年間を通して使用するようなものに対しては、部品の交換時期を考慮に入れる必要がある。

② ON/OFFによる制御であるため、熱容量の大きなものでは、目的の温度を中心として、上下に振れる温度差が激しくなる。

③ 制御としては、全開パワーと完全ＯＦＦの繰り返しであるため、消費電力が大きい場合は、環境(ONのとき電灯が一瞬暗くなるなど)に影響を与える恐れがある。

④ 通電そのものが、有り無しの２つの状態であるため、目的によっては適さないものもありうる。(通電そのものによって発生するものを利用するものなど…)

以上のことから、今回の開発には交流電力をリニアに制御するトライアックというデバイスを使用することにしました。これは、舞台の照明などを徐々に暗くするなど、電力を滑らかに制御することができる素子です。したがって、今回試作した装置では高温から低温に移行する場合以外は、電力が完全にOFFすることはありません。また、細かな制御ができるため、概ね設定した目標温度の±１℃以内に安定しています。

図１-１　コントローラー操作面

図１-１は、今回製作しましたコントローラの操作面です。ＬＣＤ表示器、操作ボタン３個から構成されています。図１-２は、コントローラの入出力面です。右から電源入力(AC100V)のためのＡＣコード、ヒーター(パネル)への電源を供給するコンセント、温度をモニタするためのコネクタ、ヒーターの温度(温度センサ)を受け取るためのコネクタ、以上４アイテムから構成されます。

図１-２　コントローラー入出力面

［2］通常運転の操作

図１は今回試作しました装置の操作面と入出力面です。　操作は次の通りです。

① 入出力面の AC コンセントにヒーターからの AC コードを挿す。

② 入出力面の温度センサーコネクタにヒーターからのセンサーケーブルを挿す。

③ 装置から出ている AC コードを AC１００V に挿す。

④ この時、LCD の表示は図２のようになっていると思います。（温度の数字は異なっている場合もある）操作面の UP または DOWN ボタンを操作して、所望の温度に設定します。

⑤ POWER ボタンを長押し（１秒以上）しますと図３のように、OFF から ON に代わり、ヒーターに対して、通電が開始されます。この状態が運転中を示します。もちろん運転中に設定温度の変更しても問題ありません。

⑥ 運転中に再度 POWER ボタンを長押し（一秒以上）すると、図４のように OFF 表示となります。ヒーターに対しての電力は断となります。この状態は、装置に電源を加えた当初の④の状態と同じ待機の状態です。

図２　初期表示

図３　ON 表示

図４　OFF 表示

下図に、４５℃の設定をして運転した様子を示します。

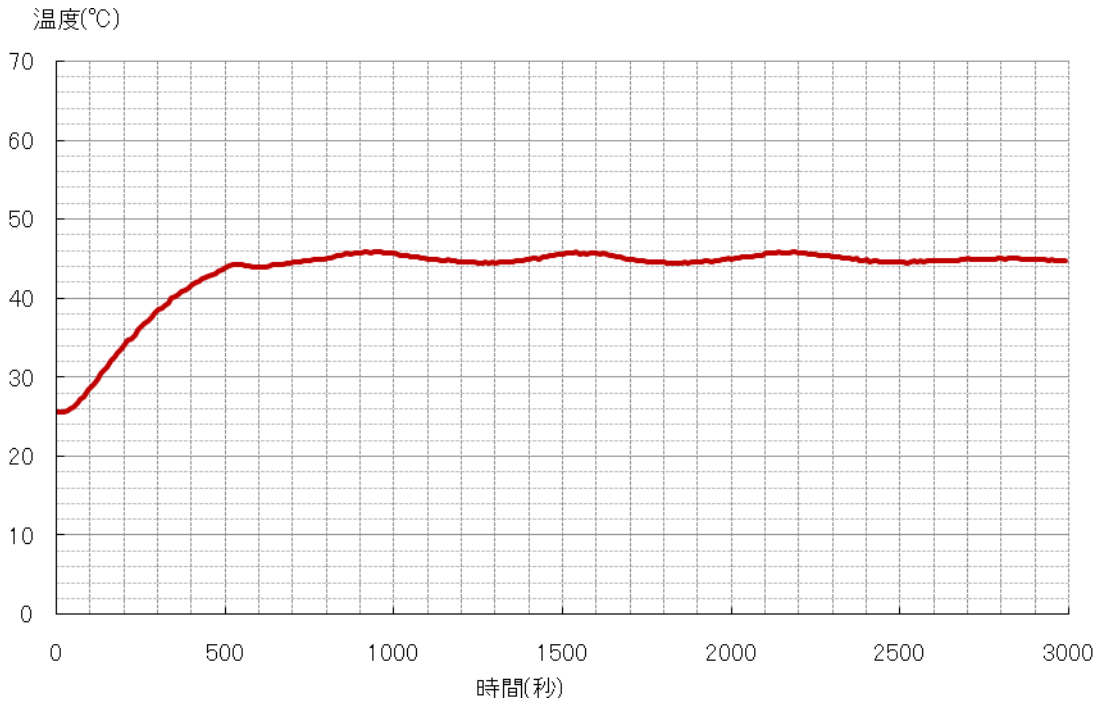


図５　４５℃設定の経過グラフ

［3］初期設定の操作

運転中に設定温度を変更するために DOWN ボタンを押し続けますと、どんどん LCD に表示される温度が下がってきますが、ある温度で止まります。これを「設定最小温度」とします。逆に UP ボタンを押し続けても、ある温度で止まります。これを「設定最大温度」とします。また、運転中は設定温度を保つように装置としては動作しているので、異常な高温は理論上は出ません。しかし、もし何らかの理由によりヒーターの温度が上がり続けた場合、それを検知したファームウェアが電源をシャットダウン（切断）する温度を「シャットダウン温度」とします。

ここに、「設定最小温度」、「設定最大温度」、「シャットダウン温度」の３つが出てまいりましたが、これらを変更することができます。そのための操作を初期設定操作といいます。この操作は、ヒーターパネルの特性を含めた全体を理解している方のみが操作するものであり、一般のユーザーができないように特殊な操作によらなければ入れないようにしています。

【 初期設定モードに入る操作 】

① コントローラーの AC コードを抜いて電源を切ってください。

② DOWN と UP のボタンを２つともに押し続けてください。

③ 上の状態のまま、コントローラーの AC コードを挿して、電源を入れてください。

④ 図６のように、MIN 表示が出ましたら、初期設定モードに入りましたので、DOWN と UP ボタンは離してもよろしいです。もし、うまくいかない場合は、①から順に繰り返し操作しても問題はありません。

図６） 設定最小温度

（１）「設定最小温度」を設定する

図６の状態のときに、DOWN と UP ボタンにより目的の温度に合わせてください。ただし、この後の「設定最大温度」より高くするなどのような矛盾した設定にならないようにお気をつけください。（矛盾している場合はファームウェアが変更する場合があります）

（２）「設定最大温度」を設定する

上述の「設定最小温度」を合わせた後、POWER ボタンを長めに押してください。すると図７のように MAX と表示されて「設定最大温度」の変更ができます。ただし、ご承知のように電源を入れっぱなしでも 55℃しか上がらないヒーター（パネル）に、ここで 70℃を設定しても無意味です。設定はできますが、運転中に 70℃設定の場合は常にフルパワー（電源は ON しきり）となります。

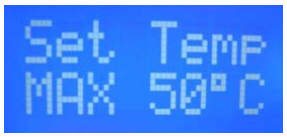


図７）設定最大温度

（３）「シャットダウン温度」を設定する

前の操作と同じように、POWER にボタンを長めに押しますと、図８のように SHT と表示され、「シャットダウン温度」の設定ができます。ご承知のようにこれを「設定最大温度」より低くすることも矛盾になりますので気をつけて設定してください。基本的には今回の応用の場合は 80℃の固定でも良いと思われます。

図８） シャットダウン温度

（４）初期設定値の登録

上述した操作で、3 つの温度を設定してきましたが、まだ記録されていません。「シャットダウン温度」を合わせた後に、POWER ボタンを長めに押しますと、図 9 のように Recorded と表示されて、登録が完了します。この後、電源を切ってください。次に電源を入れますと、登録された値で動作するようになります。

図９　登録済み

[４]安全対策

この設備のキーワードは「安全」です。部品が壊れようが何が起ころうが、ある温度以上には絶対にしないことが求められます。そのために 3 重の対策を施してありますので、その説明を致します。

1. ソフトウェアによる対策

   前述した初期設定で「シャットダウン温度」を設定しました。ソフトウェアが動作している限り、常にヒーター（パネル）の温度を監視しており、この温度を超えた場合は、ヒーターに対する AC（電源）の供給を OFF します。この場合の表示は図 10 のようになります。

図１０　温度オーバー

2. コントローラー内の基板のハードウェアによる対策

   電子回路の用語でいう「ウィンドウコンパレータ」という回路により温度センサーからの信号が 90℃を超えた場合及び温度センサーからの信号線が切断された場合に、ハード的に AC（電源）の供給を OFF にします。

3. ヒーター（パネル）内のハードウェアによる対策

   ヒーターに AC（電源）を供給する線に直列に温度ヒューズを取り付けて、ヒーターに貼り込んでいます。これは、90℃を超えると断線します。これにより、電源の供給が OFF されます。

上述の１．と２．は、コントローラーの電源を一旦 OFF にして、再投入すればもとに戻ります。しかし、３．の項目はヒューズが物理的に切断するため、部品を交換する必要があります。

[５] 温度モニターについて

ユーザーが使用する場合は、不必要ですが、この設備はプロトタイプですので、現在の温度を 10 秒おきに連絡する RS232C のコネクタを装備しています。この報告は、コントローラーの電源が入っている限り常になされていますので、適当なターミナルソフト（たとえばハイパーターミナル）をパソコン側に立ちあげて、コントローラーと接続すれば、10 秒おきの温度をモニターすることができます。

＜RS232C の設定＞

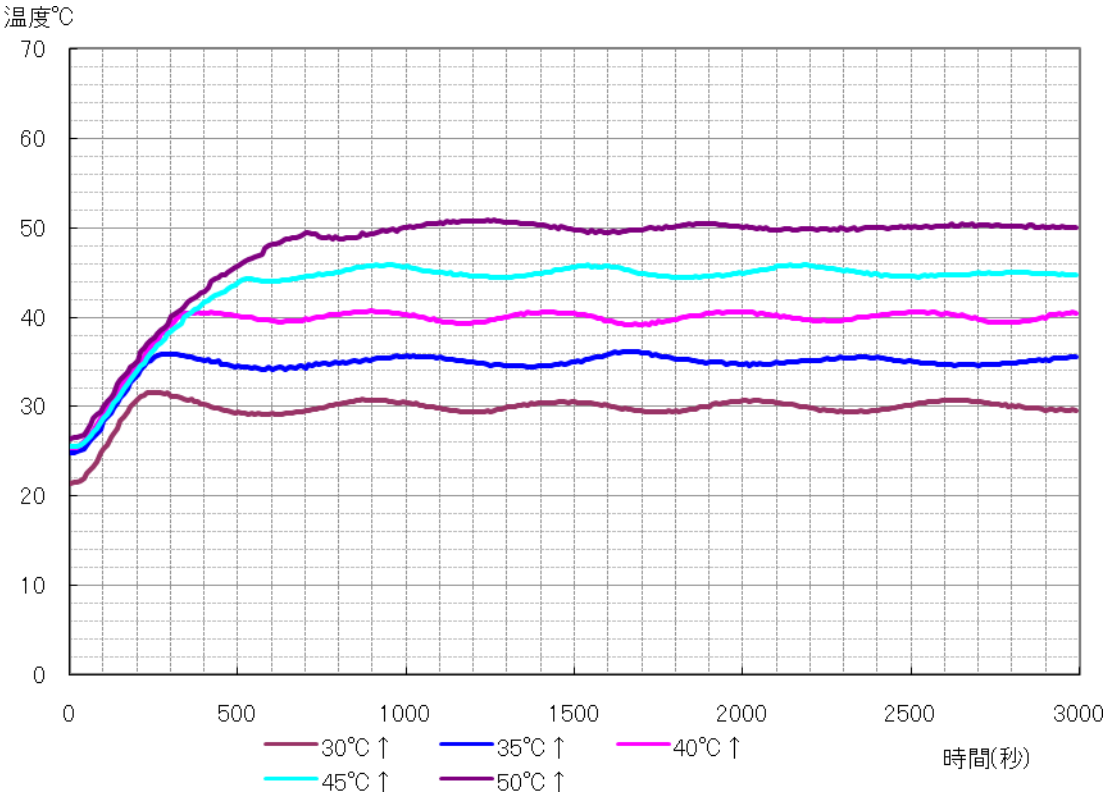
・Mode：19200 ボー、None、8 ビット、Stop1

・接続：Dsub_9pin　ストレートケーブル

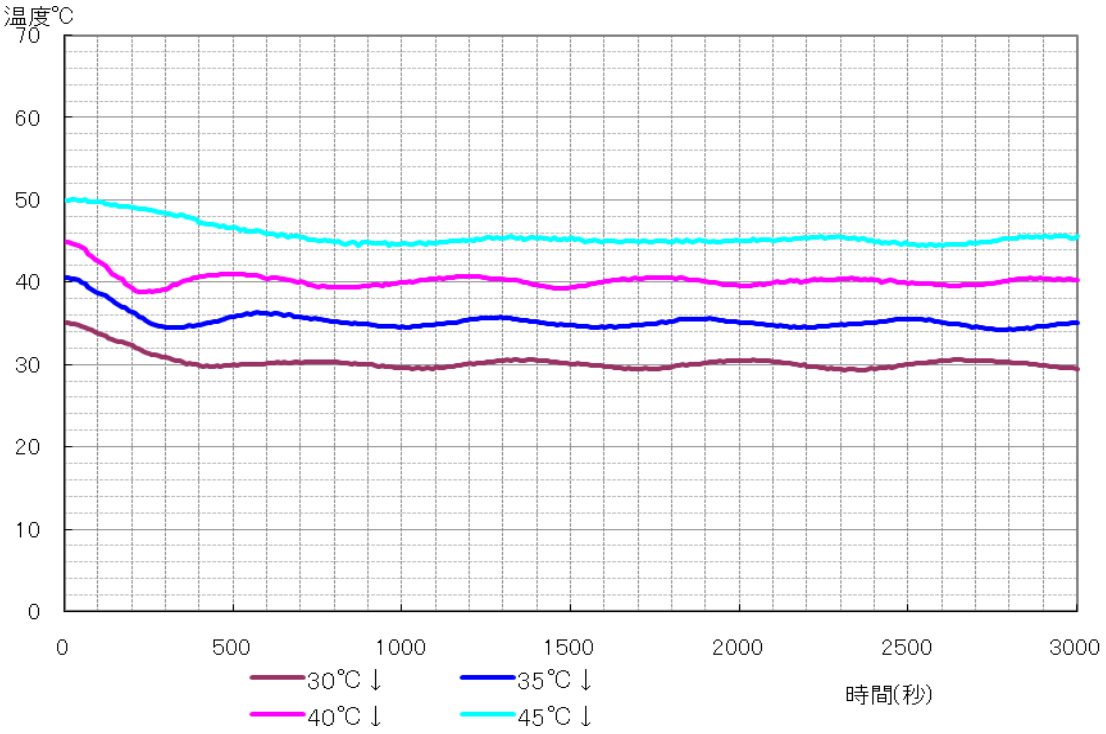
[６] 運転状況データ

ご提供いただいているヒーター（パネル）によるテストの結果を提示致します。

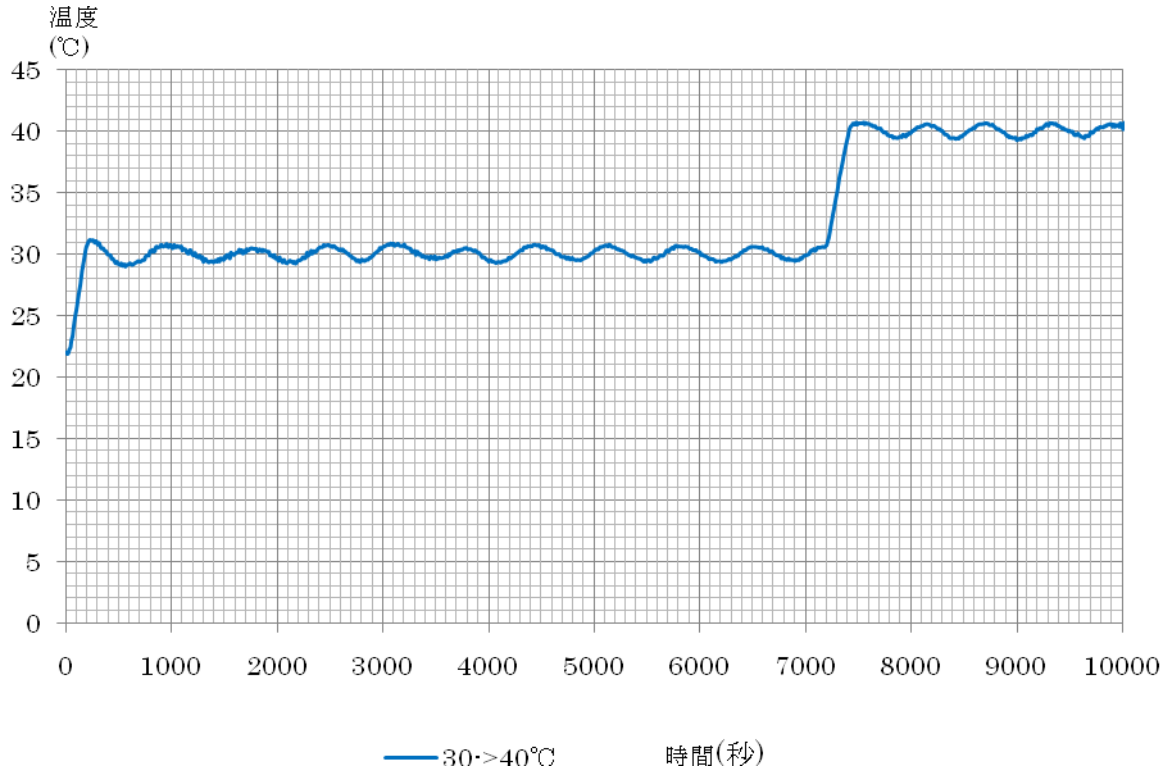
① 常温から設定温度への上昇と安定



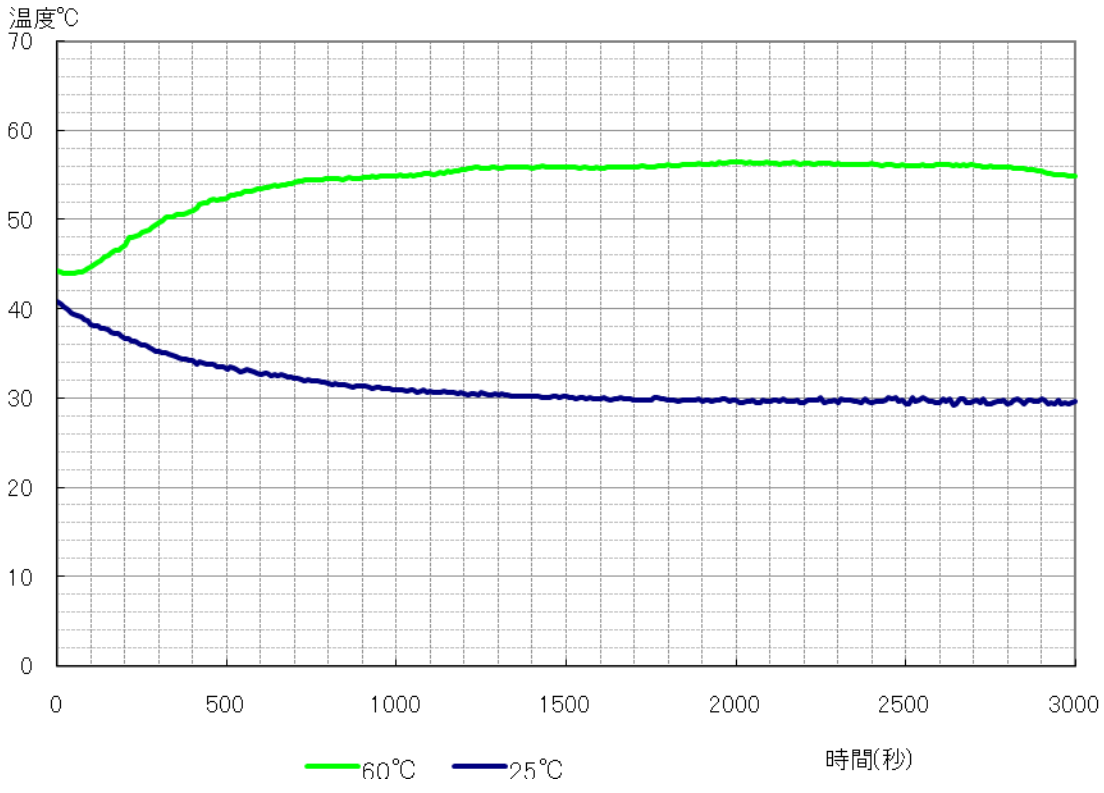
② 高温から設定温度への下降と安定



③　動作中の設定温度切換の状況

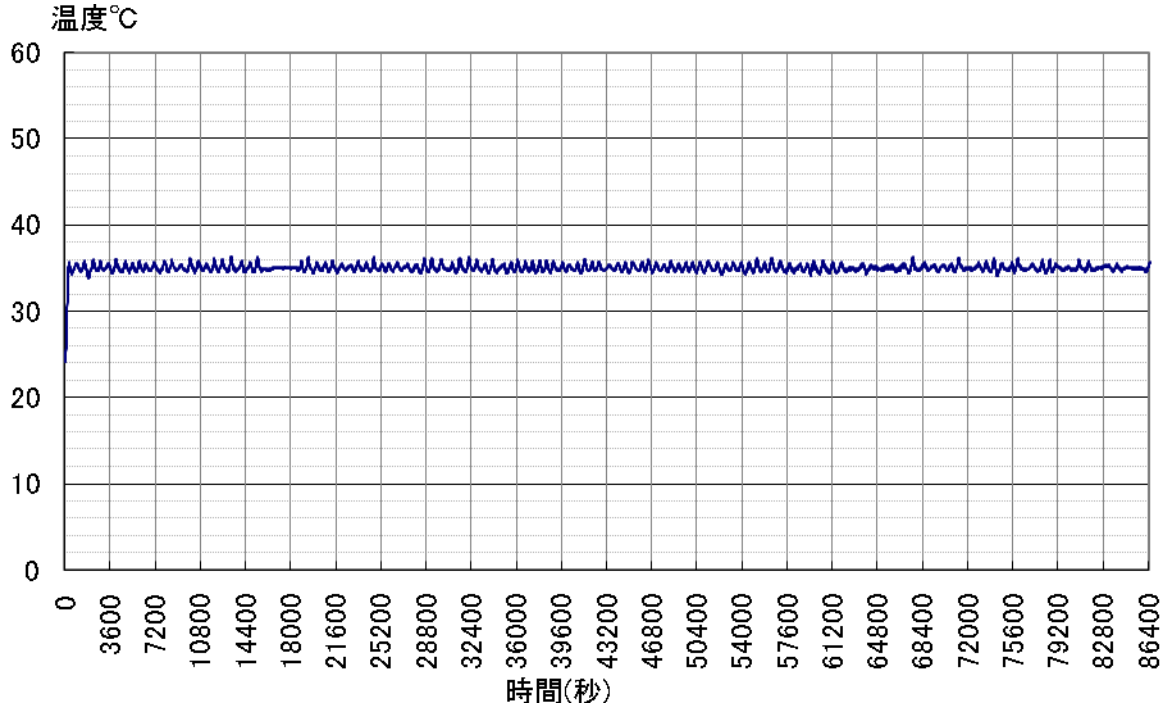


④　室温以下または能力温度以上の設定の場合



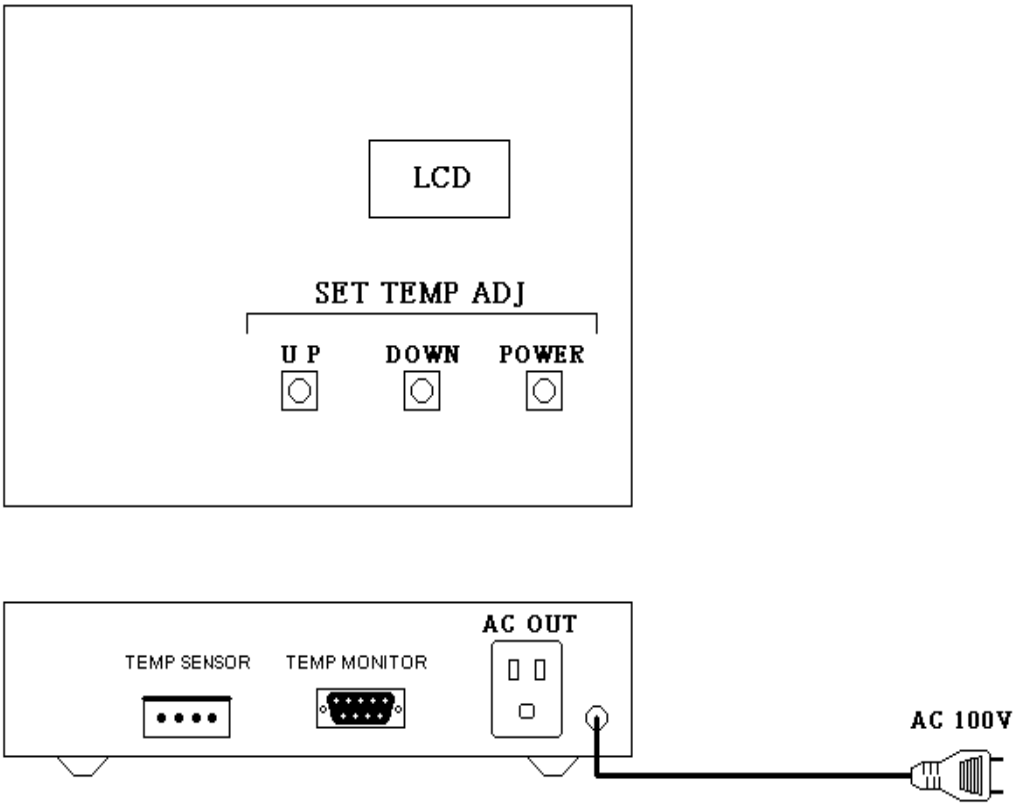
⑤　２４時間・連続運転状況　（ 設定温度３５℃ ）

まる１日の運転のため環境温度は、最低から最高まで変化していますが、ヒーター(パネル)の温度は、ほぼ±１℃に安定化されています。(エアコンを止めてテストしています)



[7] ハードウエアについて

①　コントローラ加工図



② ハード独自の安全対策について(詳細)

燃えやすい木材の中に発熱体を加工しているため、何重もの安全対策を施しています。

ハードウエア独自に検出温度の上限下限を監視する回路をもうけています。この許容温度範囲から外れた場合マイコンの制御に関係なくハードウエアが強制的に電源を切断します。

イ）ハードウエアによる最低温度監視の目的

温度センサーの故障、センサーケーブルの断線、ショート等でセンサーからの信号電圧が異常に低くなった場合装置故障と判断し強制切断します。

ロ）ハードウエアによる最高温度監視の目的

マイコンの故障、暴走等、通電信号を出した状態のまま停止した場合を想定しています温度センサーの信号が設定値を越えた場合ハードが強制的に切断します。またこの状態で電気が切断されても、温度が下がれば再通電されて再度温度が上がる、再度強制切断されると言う状態を繰り返さないように一旦過熱を検出すれば人が装置の電源を完全に切り、再稼働させるまで強制切断を自己保持させています。

ハ）ヒーター内の温度ヒューズによる安全対策

以上の全ての安全対策が全て効かず過熱状態になった場合、ヒーター内の温度ヒューズが切れ AC 電源が切れます。この場合は良品の温度ヒューズと交換する必要が有ります。温度ヒューズの設定は 70℃から有ります、±2℃程度の精度です。このプロトタイプに取り付けていますのは電流容量２Ａのものです。

［8］今後の対応のための考察

（1）製品(ヒーター)別の特性について

デバッグしている製品(ヒーター)に２種類あります。ひとつは、裸のヒーターを段ボールで挟んだもので、『仮パネル』と呼んでいます。もう一つは、木目調のもので『正パネル』と呼んでいます。この二つのパネルの温度特性はかなり違いがあります。仮パネルの方は、電源をオンしきりで 150℃くらいまで上昇しますが正パネルは 55℃くらいまでしか上がりません。また、仮の方は熱容量が小さいので急速に温度が上昇しますが、正の方は 50℃程度まで上がるためにかなりの時間を要します。

このコントローラの開発初期には『仮パネル』しかなく、これが期待通りに動くように、ソフトウェアを開発しました。それは、一応満足行くところまで仕上がりました。

その後、『正パネル』が到着しましてさっそく同じシステム(ソフト)で動かしました所、まったく期待ハズレの結果になってしまいました。

温度は、結果的には安定するのですが、安定するまでに４０～５０分かかるのです。それでソフトの一部を変更して、『正パネル』でも満足できる所まで調整したものが、この取扱説明書で使用しているファームウェア(ソフト)です。

ハードウェアとしては、いろんな特性を持つヒーターに対応することは容易にできると考えています。しかし、コントロール・ソフトは、現在のところ対象のヒーターの特性に特化していますので、別のパネルの場合はそれに合わせた調整が必要であると考えております。

（2）汎用のファームウェアを制作できないか

製品(ヒーター)に個性があることは分かりますが、できるものならソフトは同じで外部から個性を示す数値を入れて対応できることが理想です。

これにつきましては、今後の課題とさせていただきます。完全にフィットできなくとも、実用上問題ないレベルまで汎用化できるのではないかという予感を持っております。

（3）極寒地などへの対応

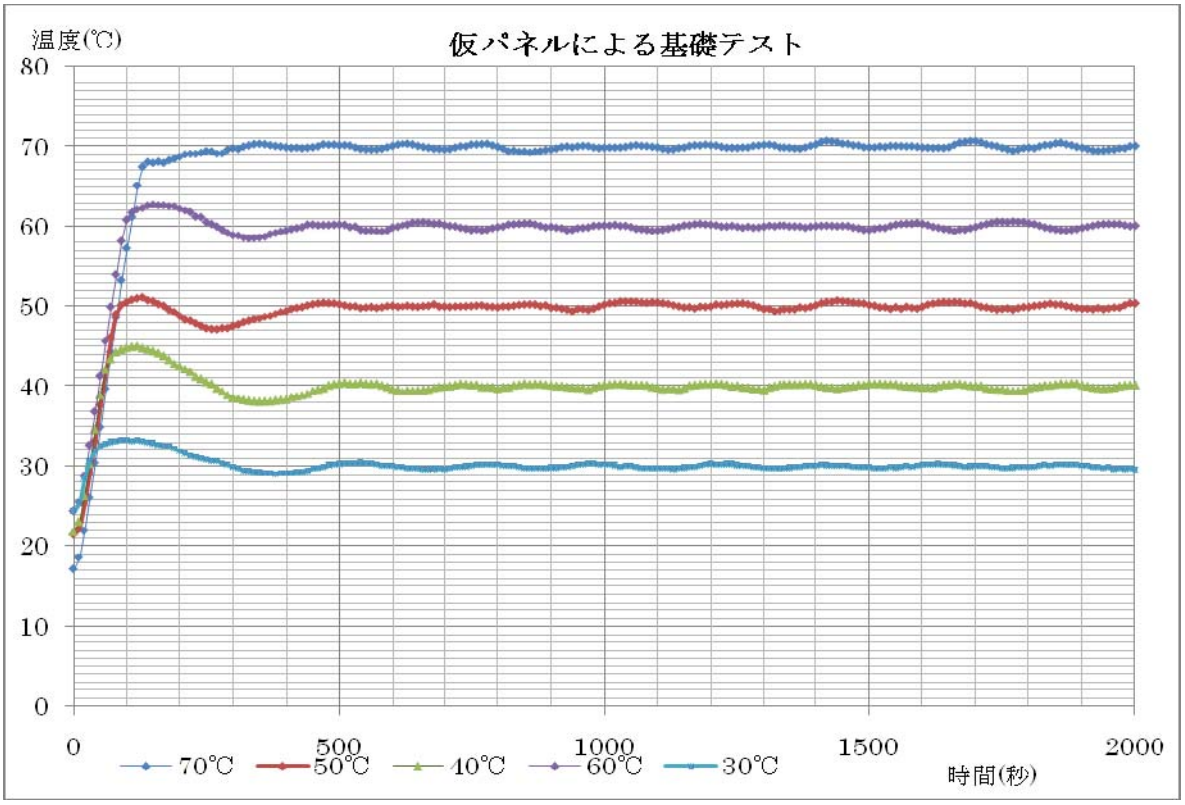
室温が２０℃以下でのテストは、そのための設備がないのと季節の問題もあり、できておりません。本当ですと大型冷蔵庫などを準備した方が良いのですが、これも今後の課題といたしたいと思います。

（4）電源周波数(50/60Hz)の違いへの対応

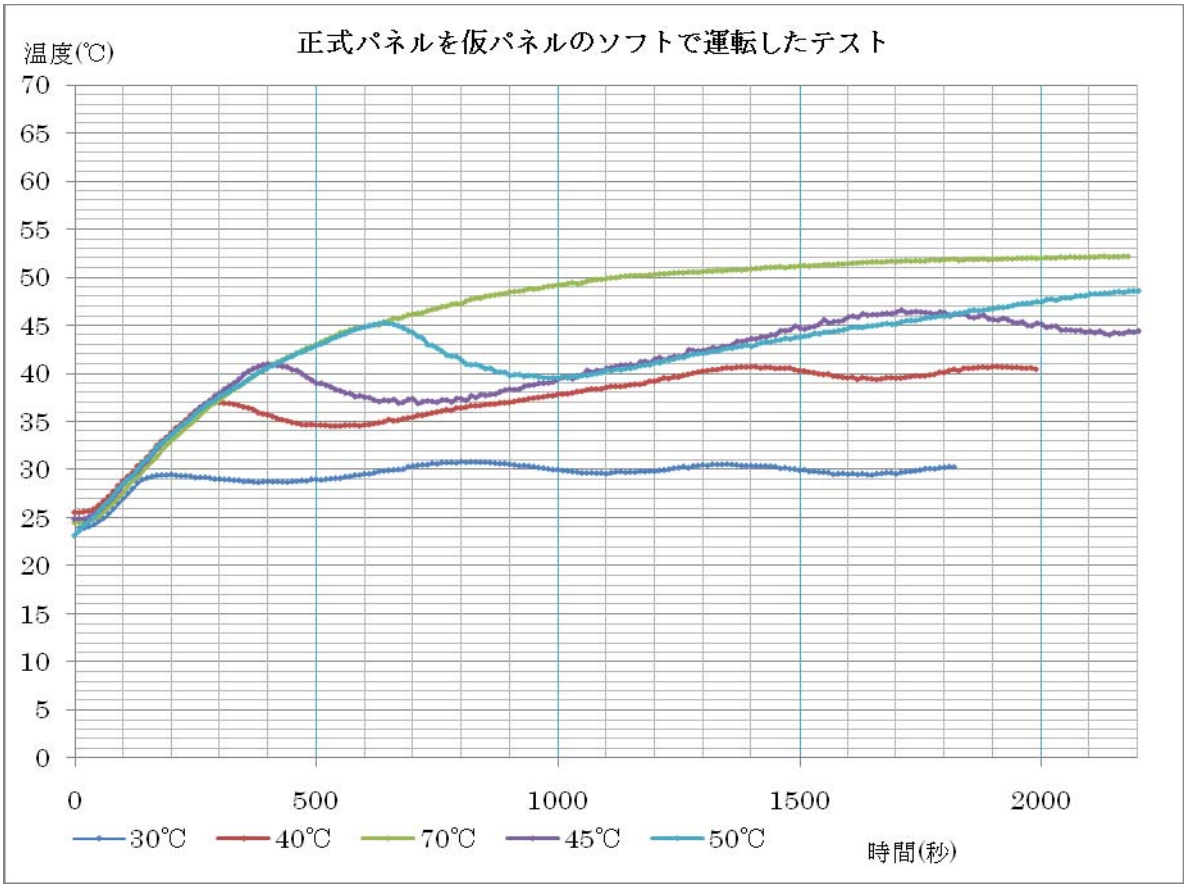
この周波数の違いに対する対応は、基本的にソフト内部で電源の周期を測定することで対応いたしております。(多少の調整を要するかもしれません)

【 参考：仮パネルの動作グラフとその他のテスト 】

①　設定温度までの上昇・安定状況



② 正式パネルを仮パネルのソフトでコントロール



［9］制御の高度化への準備状況

今回のプロトタイプの「遠赤ヒーターコントローラ」に使用しているマイクロコントローラ(マイコン)は、中規模のものです。ファームウェア(ソフト)を入れるＲＯＭの容量も中規模ですので、あまり複雑な制御内容のものを入れることはできません。

しかし今後、次のようなことも考えておかなければならないと考えております。

① 制御する温度の制御をもっと高精度にする。プロトタイプでは、設定温度に安定した時にまだ多少の波打ち(ハンチング)が見られますが、これはもっと小さくすることが可能です。

② ヒーターの動作時間を指定したり、動き出す時間を予約したりする機能を持たせることも必要になってくると考えられます。

以上のことから、これらの事にいずれ対応できるようにするため、使用するマイクロコントローラの性能を現在使用しているものより、より上位のものに移行しておく必要があります。

それで、その動きを既に開始しております。マイクロコントローラは、今の物の４倍のＲＯＭ容量を持つものに切り替えることが手始めです。

これを使った、温度の高精度制御の試験を仮パネルで実行したデータを下に示します。これらは現在、社内で開発進行中のものです。(安定後のハンチングはわずかです)